

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 42 19 609 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
H 02 J 3/14
H 02 J 13/00

21 Aktenzeichen: P 42 19 609.4
22 Anmeldetag: 16. 6. 92
43 Offenlegungstag: 23. 12. 93

DE 42 19 609 A 1

71 Anmelder:
Rössle, Gottfried, Dipl.-Ing., 71640 Ludwigsburg, DE

74 Vertreter:
Kohler, R., Dipl.-Phys.; Schmid, B., Dipl.-Ing.;
Holzmüller, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Rüdell, D.,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Bähring, A., Dipl.-Phys.
Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70565 Stuttgart

72 Erfinder:
Rössle, Gottfried, Dipl.-Ing., 7140 Ludwigsburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Führen eines Wechselstromnetzes, Wechselstromnetz und Steuervorrichtung

57 Ein Verfahren zum Führen eines elektrischen Wechselstromnetzes für die Energieversorgung von Abnehmern elektrischer Energie, wobei das Netz eine Mehrzahl von Stromerzeugern aufweist, von denen mindestens einer in Abhängigkeit von der benötigten und ins Netz eingespeisten elektrischen Leistung (Wirkleistung) ans Netz wahlweise anschaltbar und vom Netz abschaltbar ist, wobei die Frequenz des Wechselstroms im Netz (Netzfrequenz) zum Führen des Netzes verwendet wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß dauernde Abweichungen der Netzfrequenz von einer vorbestimmten Normfrequenz zugelassen werden, daß jeder ans Netz anschaltbare und abschaltbare Stromerzeuger dann angeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz unter einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder dann abgeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz über einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt. Dadurch ist eine schnelle Anpassung an die Netzbelastung möglich.

DE 42 19 609 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Führen eines elektrischen Wechselstromnetzes für die Energieversorgung von Abnehmern elektrischer Energie, wobei das Netz eine Mehrzahl von Stromerzeugern aufweist, von denen mindestens einer in Abhängigkeit von der benötigten und ins Netz eingespeisten elektrischen Leistung (Wirkleistung) ans Netz wahlweise anschaltbar und vom Netz abschaltbar ist, wobei die Frequenz des Wechselstroms im Netz (Netzfrequenz) zum Führen des Netzes verwendet wird.

In der herkömmlichen Elektrizitätswirtschaft wird in den öffentlichen Netzen eine Wechselstromfrequenz (Netzfrequenz) von 50 Hertz mit sehr geringen Toleranzen (0,25 Hertz) eingehalten. Sobald die Netzfrequenz wegen zunehmender Belastung fallen will, wird die Kraftwerksleistung aus der mitlaufenden Reserve der Kraftwerke so weit erhöht, daß sich die Normfrequenz wieder einstellt. Die Verteilung der Last auf die Kraftwerke (Regelkraftwerke) erfolgt durch Regelung von einer Zentrale aus. Der Abwurf von Lasten (das Abschalten von weniger wichtigen Verbrauchern) ist über die Rundsteuertechnik oder über fernwirktechnische und andere Kommunikationssysteme möglich. Oft werden Lasten noch manuell nach fernmündlicher Aufforderung abgeworfen. Kennzeichnend für die herkömmliche Elektrizitätsversorgung ist, daß zumindest ein Teil der bereitgestellten Kraftwerke auf Teillast arbeitet, um unvorhersehbare Störungen ohne Verzögerung abfangen zu können. Solche Störungen können der ungeplante Ausfall von Kraftwerken oder eine unerwartete Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs sein.

Die derzeit praktizierte Regelung der Elektrizitätslieferung und -abnahme ist auf große thermische Kraftwerke ausgerichtet. In der Zukunft müssen jedoch die thermischen Kraftwerke dezentralisiert errichtet werden, um nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung die bei der Elektrizitätserzeugung anfallende Abwärme nutzen zu können. Die Kraftwerke werden zunehmend in der Nähe der Wärmeverbraucher errichtet. Zur Führung der kleinen Kraftwerke ist ein hierauf abgestimmtes Leitsystem erforderlich. Eine Führung zahlreicher kleiner Kraftwerke über schnelle Datenverbindungen wäre kostenintensiv und nicht ausreichend zuverlässig. Ein Teil der kleinen Kraftwerke könnte aber kostengünstig und ausreichend zuverlässig über rundsteuertechnische Telegramme geführt werden.

Die Rundsteuertechnik ermöglicht es, von einer Zentrale aus Impulse über das elektrische Leitungsnetz zu senden, die von allen angeschlossenen Kraftwerken und Verbrauchsobjekten empfangen werden können. Ein rundsteuertechnisches Leitsystem zur Führung von Kleinkraftwerken und Verbrauchsobjekten wurde von Gottfried Rössle in dem Buch "Das MAREN-Modell. Perspektiven einer Energiezukunft", erschienen 1990 im Ansporn-Verlag Rudolf Schmidt, Hof, Deutschland, eingehend beschrieben. Wegen der geringen Übertragungsgeschwindigkeit der Rundsteuertechnik kann die Stromerzeugung den wechselnden Bedarfsschwankungen bei exakter Einhaltung einer Normfrequenz nicht rasch genug angepaßt werden, so daß Frequenzschwankungen unvermeidlich wären. Ein erheblicher Teil der Kraftwerke müßte auch in eine dezentralisierten Versorgungsmodell auf Teillast betrieben werden, und es müßte eine Lastverteilung über schnelle Datenverbindungen vorgenommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine

schnelle Anpassung von Stromerzeugern und/oder Stromverbrauchern an die Netzbelastung zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dauernde Abweichungen der Netzfrequenz von einer vorbestimmten Normfrequenz zugelassen werden, daß jeder ans Netz anschaltbare und abschaltbare Stromerzeuger dann angeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz unter einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder dann abgeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz über einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt.

Die Erfindung schafft ein Netzleitsystem, das die sichere Führung zahlreicher kleiner Kraftwerke an einem öffentlichen Versorgungsnetz der niederen Spannungsstufen (etwa 100 Volt bis 20000 Volt) ermöglicht. Die höheren Spannungsstufen der Elektrizitätsversorgung, werden bei fortgeschrittener Dezentralisierung der Kraftwerke nicht mehr für erforderlich gehalten.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß bei Vorhandensein mehrerer an- und abschaltbarer Stromerzeuger unterschiedliche Anschaltfrequenzen und/oder unterschiedliche Abschaltfrequenzen verwendet werden. Dann versuchen bei einer Frequenzänderung nicht alle Stromerzeuger und/oder Verbraucher (Verbrauchsobjekte), sich ans Netz anzuschalten oder vom Netz abzuschalten. Diese unterschiedlichen Anschalt- und Abschaltfrequenzen sich häufig aus der unterschiedlichen wirtschaftlichen und technischen Struktur der einzelnen Kraftwerke ergeben.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß zum Abrechnen der von einem Stromerzeuger gelieferten elektrischen Energie die jeweilige Netzfrequenz, Zeitdauer der Stromlieferung, und erforderlichenfalls die Uhrzeit erfaßt wird. Dadurch ist eine genaue und an der Netzbelastung orientierte Abrechnung möglich. Eine erfindungsgemäße Abwandlung, bei der nicht jeder einzelne Verbraucher die Netzfrequenz genau messen muß, wird später beschrieben.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß mindestens einem Stromerzeuger eine weitere Anschaltfrequenz und eine weitere Abschaltfrequenz zugeordnet wird, die einem Bereich der Netzfrequenz nahe der niedrigsten zulässigen Netzfrequenz entsprechen. Es kann zweckmäßig sein, allen Stromerzeugern derartige weitere Frequenzen zuzuordnen. Der Vorteil liegt darin, daß einem Zusammenbruch des Netzes vorgebeugt wird, weil alle verfügbaren Stromerzeuger rasch zugeschaltet werden können.

Bei einer Ausführungsform des Verfahrens, bei der das Netz Verbrauchsobjekte aufweist, die Einrichtungen zum Lastabwurf bestimmter Stromverbraucher haben oder wahlweise insgesamt vom Netz abschaltbar sind, ist vorgesehen, daß jeder ans Netz anschaltbare und abschaltbare Stromverbraucher dann angeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz über einem für den betreffenden Stromverbraucher vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder dann abgeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz unter einem für den betreffenden Stromverbraucher vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt. Es erfolgt daher ein Anschalten bei einem der Anschaltfrequenz entsprechenden Strompreis und ein Abschalten, wenn der Strompreis auf einen durch die Abschaltfrequenz charakterisierten höheren Preis angestiegen ist. Ein durch Lastabwurf abschaltbarer Stromverbraucher

innerhalb eines Gewerbebetriebs mag z. B. die elektrische Raumheizung sein. Ein insgesamt abschaltbares Verbrauchsobjekt mag der elektrische Antriebsmotor der Pumpe eines Pumpspeicherkraftwerks sein. Dieses Kraftwerk dient seinerseits (bei höheren Strompreisen bzw. niedrigerer Netzfrequenz) der Stromerzeugung.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß mehrere Stromerzeuger durch eine Nachrichtenverbindung verbunden werden, durch die Anschaltfrequenzen und/oder Abschaltfrequenzen einstellbar sind. Dadurch können insbesondere kleinere Kraftwerke ferngesteuert werden und an die jeweilige Kostensituation angepaßt werden, z. B. an die voraussichtliche Situation des folgenden Tages.

Die Erfindung betrifft auch ein Netz und eine Steuervorrichtung.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt, und aus den Ansprüchen. Die einzelnen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination bei einer Ausführungsform der Erfindung verwirklicht sein. Im folgenden soll die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Netzführungstechnik in einem Beispiel beschrieben werden. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Netzes,
Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Steuervorrichtung.

Bei der Erfindung wird davon ausgegangen, daß eine stabile Frequenzhaltung im Zeitalter der Computertechnik, Quarzuhren und der Funkuhren, die Zeitsignale von Hochfrequenzsendern empfangen, nicht mehr erforderlich ist. Es wird in dem neuen Netzführungsmodell die Schwankung der Netzfrequenz innerhalb einer definierten Bandbreite zugelassen. Diese Verfahrensweise bietet den Vorteil, daß die Frequenz als Indikator der Netzbelastung dienen kann. Eine niedrige Frequenz zeigt eine hohe Belastung, eine hohe Frequenz eine niedrige Belastung des öffentlichen Netzes an.

Die Netzfrequenz ist als Kommunikationsmedium besonders geeignet, da sie überall verfügbar ist und ihre Information vollkommen trägeheitslos ohne Kostenverschwendung bereitstellen kann.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Netz 105 mit dreiphasigem Wechselstrom und einer Dreiecksspannung von 400 Volt. Es weist mehrere Kleinkraftwerke auf, von denen der Einfachheit halber nur eines angedeutet ist. Dieses weist einen nicht-elektrischen Antrieb, im Beispiel eine Gasturbine 110 auf, die einen Drehstromgenerator 120 antreibt. Die beim Betrieb der Gasturbine nicht ausgenutzte Abwärme wird für Heizzwecke verwendet. Statt einer Gasturbine könnte beispielsweise eine Dampfturbine, Dampfmaschine oder eine Verbrennungskraftmaschine wie ein Dieselmotor oder auch eine Wasserturbine verwendet werden. Der Generator 120 ist vom Netz 105 durch Trennschalter 125 abtrennbar. Eine Steuervorrichtung 130 ist auf der Netzseite des Trennschalters mit der Drehstromleitung 14 über angedeutete Stromwandler und eine Koppelvorrichtung für Rundsteuersignale gekoppelt. Es besteht auch die Möglichkeit der Spannungs- und Phasenmessung, um in bekannter Weise das Anschalten ans Netz bei Synchronität und Spannungsdifferenz Null zwischen Generator und Netz zu ermöglichen.

Zum Netz 105 gehören mehrere Verbrauchsobjekte, z. B. Gewerbebetriebe, die jeweils über einen Trennschalter 135 ans Netz anschaltbar sind. Das Verbrauchsobjekt weist eine Steuervorrichtung 140 auf, die in gleicher

Weise wie die Steuervorrichtung 130 ans Netz gekoppelt ist und in ihrer Konstruktion völlig gleich wie die Steuervorrichtung 130 ausgebildet sein kann, allerdings im Normalfall auf andere Schaltfrequenzen eingestellt ist und im Gegensatz zum Kraftwerk bei niedriger Netzfrequenz (also bei hoher Netzbelastung und hohem Strompreis) einzelne Stromkreise über Schütze 150 bis 152 oder möglicherweise alle Stromkreise des Verbrauchsobjekts vom Netz abschaltet, wogegen der Generator bei hohem Strompreis angeschaltet wird. Der unten erläuterte Datenausgang 12 der Steuervorrichtung 130 ist mit einer an das Kraftwerk individuell angepaßten Kraftwerksteuerung 132 verbunden, die über Steuerleitungen den Trennschalter 125, den Generator 120 und den Antrieb 110 steuert. Die Schaltausgänge 9 der Steuervorrichtung 140 sind durch Steuerleitungen mit dem Trennschalter 135 und den Schützen 150 bis 152 verbunden; hier genügen einfache Schaltvorgänge, eine komplizierte Anpassung ist nicht nötig.

Jedes Kleinkraftwerk und jeder Abnehmer ab einem bestimmten Elektrizitätsverbrauch ist mit dem erfindungsgemäßen elektronischen Steuerungs- und Erfassungsgerät 130 bzw. 140 ausgerüstet, welches im folgenden kurz als MEN-Gerät (marktlich-elektronische Netzführung) bezeichnet wird. Das Steuerungs- und Erfassungsgerät besteht bei einer bevorzugten Ausführungsform (siehe Fig. 2) im wesentlichen aus den folgenden Komponenten, die möglichst in ein und derselben Technologie aufgebaut sind und zusammenarbeiten:

- 1 Taste zur Bedienung der Digitalanzeige
- 2 Digital-Anzeige
- 3 Elektronische Uhr
- 4 Arbeitsspeicher
- 5 Verarbeitungsmodul
- 6 Datenspeicher
- 7 Temex-Fernwirk-Schnittstelle
- 8 Schaltimpuls-Ausgänge
- 10 Frequenzmesser
- 11 Rundsteuerempfänger
- 12 Datenausgang
- 13 Datenschnittstelle

Die marktlich-elektronische Netzführung ermöglicht es, die Elektrizitätsversorgung in einem Versorgungsgebiet wirtschaftlich zu optimieren. Elektrizität wird dabei über eine unsichtbare elektronische Börse gehandelt. Hierzu ist es erforderlich, die Elektrizitätspreise in eine Relation zur Knappheit zu bringen. Die Knappheit wird in einem Versorgungsnetz mit zugelassener Frequenzschwankung durch die Frequenz zum Ausdruck gebracht. Es läßt sich eine Tabelle (Elektrizitätspreistabelle) erzeugen, in welcher der Elektrizitätspreis abhängig von der Netzfrequenz dargestellt wird. Es ist heute möglich, die Frequenz mit handelsüblichen Meßgeräten auf 0,1 Hertz genau zu messen. Somit können der Netzfrequenz bei einer Bandbreite von 5 Herz 50 Strompreise zugeordnet werden. Die Elektrizitätspreistabelle wird über die Datenschnittstelle 13 in das MEN-Gerät eingelesen.

Der Frequenzmesser 10 übergibt die fortlaufend an der Starkstromleitung 14 gemessenen Frequenzwerte an das Verarbeitungsmodul 5. Dort wird an Hand der Elektrizitätspreistabelle der aktuelle Elektrizitätspreis (= Strompreis) festgestellt.

In Abhängigkeit vom aktuellen Strompreis werden einfache Schaltimpulse über die Schaltimpuls-Ausgänge 9 an verschiedene Stromkreise zur Steuerung von elek-

trischen Verbrauchsobjekten ausgegeben. Die für die Schaltung maßgeblichen Daten werden über die Datenschnittstelle 13 eingegeben und beispielsweise im Arbeitsspeicher 4 hinterlegt. Zum Beispiel wird ein Stromkreis eingeschaltet, wenn der aktuelle Elektrizitätspreis unter den vorgegebenen Einschaltpreis fällt. Er wird ausgeschaltet wenn der aktuelle Elektrizitätspreis über den vorgegebenen Anschaltpreis steigt.

Über die Schaltimpuls-Ausgänge 9 wird auch der in Ausnahmesituationen (z. B. bei plötzlicher starker Netzbelastung) erforderliche nichtmarktliche Lastabwurf gesteuert. Durch die Steuerung auf Frequenzbasis kann mit Hilfe der elektronischen Intelligenz der nichtmarktliche Lastabwurf im gesamten Versorgungsgebiet optimiert und, z. B. durch jeweils nur kurzzeitiges Abschalten von Verbrauchern, so gestaltet werden, daß er vom Abnehmer, wenn überhaupt, nur als Verlangsamung der Abläufe wahrgenommen wird. Schon durch die Absenkung der Frequenz wird Leistung eingespart und Lastabwurf vermieden. Im übrigen ermöglicht das MEN-Gerät auch eine leistungsgerechte Honorierung des Lastabwurfs.

Der aktuelle Strompreis und andere Daten können über einen Datenausgang 12 an andere Datenverarbeitungseinrichtungen weitergeleitet werden. Zum Beispiel wird der aktuelle Elektrizitätspreis dem elektronischen Leitsystem eines Kleinkraftwerkes zur Verfügung gestellt. Dort wird sodann an Hand des Preises und unter Berücksichtigung anderer Daten über den Betriebszustand des Kraftwerks entschieden. Ist der Preis niedrig, arbeitet das Kraftwerk nur in einem kostengünstigen Betriebszustand (z. B. bei reduzierter Last und unter Nutzung der Abwärme). Ist der Preis hoch, wird notfalls ein kostenintensiver Betriebszustand (z. B. Höchstlast und Verzicht auf Abwärmenutzung) in Kauf genommen. Das Kraftwerk arbeitet stets unter dem Gesichtspunkt der Nutzen- bzw. Ertragsmaximierung. Nach Einführung einer Emissionssteuer werden auch ökologische Gesichtspunkte optimal berücksichtigt, das heißt: der Umweltschutz kann endlich ökonomischen Kriterien unterworfen werden.

Während die Messung der Netzfrequenz die zeitkritischen Daten zur marktlichen Führung der Kraftwerke und Verbrauchsobjekte und zur Steuerung des nichtmarktlichen Lastabwurfs liefert, können alle anderen, nicht zeitkritischen Informationen, die für das MEN-Gerät und zur Führung der Kraftwerke und Verbrauchsobjekte erforderlich sind, über die Rundsteuertechnik bereitgestellt werden. Es ist auch möglich, einen Teil der Kraftwerke oder Stromerzeuger und der Verbrauchsobjekte, insbesondere die kleineren Anlagen, lediglich rundsteuertechnisch zu führen und von der Messung und Auswertung der Netzfrequenz abzusehen. In dieser Variante werden die Strompreise nicht nur durch die Netzfrequenz bestimmt, sondern auch über die Rundsteueranlage gesendet. Damit eventuelle Toleranzen in der Frequenzmessung bei den einzelnen Abnehmern nicht zu einer unterschiedlichen Strombewertung (insbesondere zu einem unterschiedlichen Strompreis) führen können, mag es zweckmäßig erscheinen, die Stromabrechnungen prinzipiell nach den durch Rundsteuerung ausgegebenen Preisen zu erstellen. Um die Rundsteueranlage, die in Abhängigkeit von der installierten Netzleistung einen erheblichen Leistungsbedarf haben kann, zu entlasten, würde es genügen, die Preise in größeren Zeitabständen, z. B. alle 6 oder 12 Minuten, zu senden. Über die Rundsteuertechnik ist es beispielsweise auch möglich, eine Prognose der Preise des fol-

genden Tages zu senden, um eine optimale Betriebsführung von Kraftwerken und Verbrauchsobjekten zu ermöglichen. Über Rundsteuertelegramme können auch Kraftwerke gezielt vom Netz abgeschaltet werden. Die Rundsteuertechnik kann dank der üblichen 50 Impulsschritte des Telegramms eine nahezu unbegrenzte Anzahl (2⁵⁰) verschiedener Befehle übertragen. Die Rundsteuertelegramme werden vom Rundsteuerempfänger 11 der Starkstromleitung 14 entnommen und zur Dekodierung an das Verarbeitungsmodul 5 weitergeleitet.

Der elektronische Stromzähler 8 mißt die Einheiten der durch die Starkstromleitung 14 fließenden elektrischen Arbeit (kWh). Dieselben werden in konstantem Zeitabstand, z. B. alle drei Minuten, in den Datenspeicher 6 eingetragen. Dort können die Werte über die Datenschnittstelle 13 zum Auslesungszeitpunkt durch eine mit dem Ablesen der Zähler befaßte Person über eine an den Zähler angesteckte Datenleitung in einen angeschlossenen elektronischen Handrechner übernommen werden, der die Daten speichert. In der Datenzentrale des Energieversorgungsunternehmens (EVU) können anhand der gespeicherten Daten sodann numerische und graphische Auswertungen des aufgezeichneten Lastgangs vorgenommen und die Abrechnung für die verbrauchte elektrische Energie erstellt werden.

Die für die Elektrizitätsabrechnung erforderlichen Daten können auch aus den Elektrizitätspreisen und der gemessenen elektrischen Arbeit so aufbereitet werden, daß eine Fernablesung im Temex-Fernwirk-Dienst der Deutschen Bundespost vorgenommen werden kann. Hierzu dient die im MEN-Gerät eingebaute Temex-Schnittstelle 7.

Die zeitliche Dimension wird von der eingebauten elektronischen Uhr 3 zur Verfügung gestellt.

Mit der Taste 1 können nacheinander verschiedene Informationen in der Digitalanzeige 2 aufgerufen werden, z. B. der aktuelle Strompreis, die in dem laufenden Abrechnungszeitpunkt und in vorhergegangenen Abrechnungszeiträumen angesammelte elektrische Arbeit (kWh), der hierfür zu entrichtende Gesamtpreis und der jeweils zugehörige Durchschnittspreis.

Bei Zunahme der Netzlast könnte möglicherweise die dadurch erreichte nächsthöhere Preisstufe eine zu hohe Kraftwerksleistung aktivieren (zu viele Stromerzeuger anschalten) und/oder zu viele elektrische Verbraucher abschalten. Dadurch würde die Netzfrequenz wieder sprunghaft ansteigen und der Preis abfallen. Danach könnten wieder zu viele Verbrauchsobjekte zugeschaltet werden und eine zu große Kraftwerkskapazität abgeschaltet werden, und so weiter, das heißt, es könnten unerwünschte Regelschwingungen auftreten. Damit die Netzfrequenz bzw. Netzlast nicht in ein unerwünschtes Schwindungsverhalten verfallen kann, ist vorteilhaft eine Zufallssteuerung als schwingungsdämpfende Maßnahme vorgesehen. In jedem MEN-Gerät ist beispielsweise im Arbeitsspeicher 4 eine der Zahlen 1 bis 60 hinterlegt. Diese Zahlen repräsentieren eine bestimmte Sekunde in jeder Minute. Ein MEN-Gerät wird nur dann aktiviert, wenn zusätzlich zur Preisbedingung auch die Sekundenbedingung erfüllt ist. Die Sekundenbedingung ist erfüllt, wenn die im MEN-Gerät hinterlegte Sekunde mit der Echtzeitsekunde der im MEN-Gerät eingebauten elektronischen Uhr 3 übereinstimmt. Beträgt beispielsweise in einem MEN-Gerät die hinterlegte Sekunde 26 und wird die Preisbedingung bei der Echtzeitsekunde 10 erreicht, so schaltet das MEN-Gerät erst dann, wenn die Preisbedingung noch in der Echtzeitsekunde 26 erfüllt ist. Somit werden die auf eine

bestimmte Preisstufe oder Anschaltfrequenz eingestellten MEN-Geräte nur dann sämtlich angesprochen, wenn die Preisbedingung eine Minute lang erfüllt ist. Wenn derartige Zunahmen der Netzlast zumindest hinsichtlich der Echtzeitsekunde ihres Auftretens zufällig verteilt sind, so ist es auch eine Sache des Zufalls, welcher Stromerzeuger dann als erster angeschaltet wird, bzw. welches Verbrauchsobjekt als erstes abgeschaltet wird.

Vorteile der erfindungsgemäßen Netzführungstechnik sind:

Die Verständigung der Kraftwerke und der Verbrauchsobjekte untereinander über die Netzfrequenz ist die schnellste und sicherste. Alle sonst erforderliche aufwendigen Umwege werden vermieden.

Die Kraftwerke und Verbrauchsobjekte können sicher von ihren MEN-Geräten geführt werden – ohne Signale aus einer übergeordneten Leitstelle.

Die Rechnerzentrale des EVU ist von der Führung der Kraftwerke und Verbrauchsobjekte befreit. Die Zentrale hat nur noch die Auswertung der aus den MEN-Geräten entnommenen Daten, insbesondere die finanzielle Abrechnung der Stromlieferungen, zu erledigen.

Lastprognosen bzw. prognostizierte Tagespreisgänge sind zwar für die Abnehmer nützlich, zur Führung der Kraftwerke und Verbrauchsobjekte jedoch nicht mehr erforderlich.

Eine Dezentralisierung nicht nur der Kraftwerke, sondern des gesamten Leitsystems wird ermöglicht.

Die Führung der Kraftwerke, zumindest derjenigen auf der Grundlage flüssiger und gasförmiger Brennstoffe, läßt sich voll automatisieren und kann für lange Zeiträume auf Eingriffe von außen verzichten.

Die Kraftwerke können stets auf Vollast, die regelbaren Kraftwerke sogar preisabhängig auf wirtschaftlicher Optimallast gefahren werden.

Eine äußerst leistungsfähige Schwingungsdämpfung hinsichtlich der Netzbelastung ist möglich.

Die trägheitslose Orientierung an der Netzfrequenz in Verbindung mit der Schwingungsdämpfung ermöglicht eine hohe Stetigkeit des Lastgangs (Preisgangs).

Der nichtmarktliche Lastabwurf kann durch die trägheitslose Orientierung an der Netzfrequenz äußerst leistungsfähig gestaltet werden.

Kraftwerks-Lastregelungen zur Frequenzhaltung und der zum Lastausgleich erforderliche schnelle Datenverbund ist nur noch innerhalb von Mehrmodul-Anlagen bei objektweisem Notstrombetrieb erforderlich.

Die Versorgungszuverlässigkeit wird den höchsten Anforderungen genügen. Die Kraftwerke können sich bei Zerstörung der Netze selbsttätig bis zum objektweisen (Notstrom)-Betrieb voneinander abkoppeln.

Die tariffreie Preisgestaltung ohne Leistungsgrenze ermöglicht eine kostenverursachungsgerechte Bewertung der Elektrizitätslieferungen. Die Elektrizitäts-Verkaufpreise des Versorgungsunternehmens werden direkt aus den Einkaufspreisen abgeleitet. Die Einkaufspreise repräsentieren die Vollkosten der Erzeugung. Die Verkaufspreise werden nicht mehr aus den Verhältnissen, z. B. aus der Benutzungsdauer, der einzelnen Abnehmer abgeleitet. Dadurch wird die Benachteiligung kleiner Abnehmer vermieden, die meist keinen ausgeglichenen Lastgang aufweisen. Auch der Lastabwurf richtet sich nach den Verhältnissen des öffentlichen Netzes, so daß niemals Last zur Unzeit abgeworfen wird. Alle Abnehmer beziehen zu einem Zeitpunkt die Elektrizität prinzipiell auf gleichen Preisen. Die Kosten des Versor-

gungsunternehmens werden durch eine Spanne zwischen Einkaufs- und Verkaufspreis gedeckt.

Die Bezugszeichen in den Ansprüchen sind keine Beschränkung, sondern sollen das Verständnis erleichtern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Führen eines elektrischen Wechselstromnetzes für die Energieversorgung von Abnehmern elektrischer Energie, wobei das Netz eine Mehrzahl von Stromerzeugern aufweist, von denen mindestens einer in Abhängigkeit von der benötigten und ins Netz eingespeisten elektrischen Leistung (Wirkleistung) ans Netz wahlweise anschaltbar und vom Netz abschaltbar ist, wobei die Frequenz des Wechselstroms im Netz (Netzfrequenz) zum Führen des Netzes verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß dauernde Abweichungen der Netzfrequenz von einer vorbestimmten Normfrequenz zugelassen werden, daß jeder ans Netz anschaltbare und abschaltbare Stromerzeuger dann angeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz unter einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder dann abgeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz über einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorhandensein mehrerer an- und abschaltbarer Stromerzeuger unterschiedliche Anschaltfrequenzen und/oder unterschiedliche Abschaltfrequenzen verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abrechnen der von einem Stromerzeuger gelieferten elektrischen Energie die jeweilige Netzfrequenz, Zeitdauer der Stromlieferung, und erforderlichenfalls die Uhrzeit erfaßt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einem Stromerzeuger eine weitere Anschaltfrequenz und eine weitere Abschaltfrequenz zugeordnet wird, die einem Bereich der Netzfrequenz nahe der niedrigsten zulässigen Netzfrequenz entsprechen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Stromerzeuger durch eine Nachrichtenverbindung verbunden werden, durch die Anschaltfrequenzen und/oder Abschaltfrequenzen einstellbar sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit Verbrauchsobjekten, die Einrichtungen zum Lastabwurf bestimmter Stromverbraucher haben oder wahlweise insgesamt vom Netz abschaltbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß jeder ans Netz anschaltbare und abschaltbare Stromverbraucher dann angeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz über einem für den betreffenden Stromverbraucher vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder dann abgeschaltet wird, wenn die Netzfrequenz unter einem für den betreffenden Stromverbraucher vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einem Verbrauchsobjekt die Strompreise durch ei-

ne Nachrichtenverbindung mitgeteilt werden.

8. Elektrisches Wechselstromnetz, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Führung nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

9. Steuervorrichtung für Stromerzeuger und/oder Verbrauchsobjekte in einem elektrisches Wechselstromnetz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere in einem Netz mit einer Führung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung eine Einrichtung zur Ermittlung der Netzfrequenz und eine Verarbeitungseinrichtung (Verarbeitungsmodul 5) zur Ableitung von Schaltvorgängen in Abhängigkeit davon, ob die Netzfrequenz über einem für die Steuervorrichtung vorgegebenen ersten Schwellenwert (erste Schaltfrequenz) liegt und/oder unter einem für die Steuervorrichtung vorgegebenen zweiten Schwellenwert (zweite Schaltfrequenz) liegt, aufweist.

10. Steuervorrichtung für Stromerzeuger in einem elektrisches Wechselstromnetz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere in einem Netz mit einer Führung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung eine Einrichtung zur Ermittlung der Netzfrequenz und eine Verarbeitungseinrichtung (Verarbeitungsmodul 5) zur Ableitung von Schaltvorgängen in Abhängigkeit davon, ob die Netzfrequenz unter einem vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder über einem für den betreffenden Stromerzeuger vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt, aufweist.

11. Steuervorrichtung für Stromverbraucher in einem elektrisches Wechselstromnetz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere in einem Netz mit einer Führung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung eine Einrichtung zur Ermittlung der Netzfrequenz und eine Verarbeitungseinrichtung (Verarbeitungsmodul 5) zur Ableitung von Schaltvorgängen in Abhängigkeit davon, ob die Netzfrequenz über einem vorgegebenen Anschaltsschwellenwert (Anschaltfrequenz) liegt und/oder unter einem für den betreffenden Stromverbraucher vorgegebenen Abschaltsschwellenwert (Abschaltfrequenz) liegt, aufweist.

12. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens eine der folgenden Einrichtungen aufweist: eine Digitalanzeige (2), eine Taste (1) zur Bedienung der Digitalanzeige, eine elektronische Uhr (3), einen Arbeitsspeicher (4) für die Verarbeitungseinrichtung, einen Datenspeicher (6), eine Fernwirk-Schnittstelle (7), mindestens einen Schaltimpuls-Ausgang (9), einen Rundsteuerempfänger (11), einen Datenausgang (12), eine Datenschnittstelle (13).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

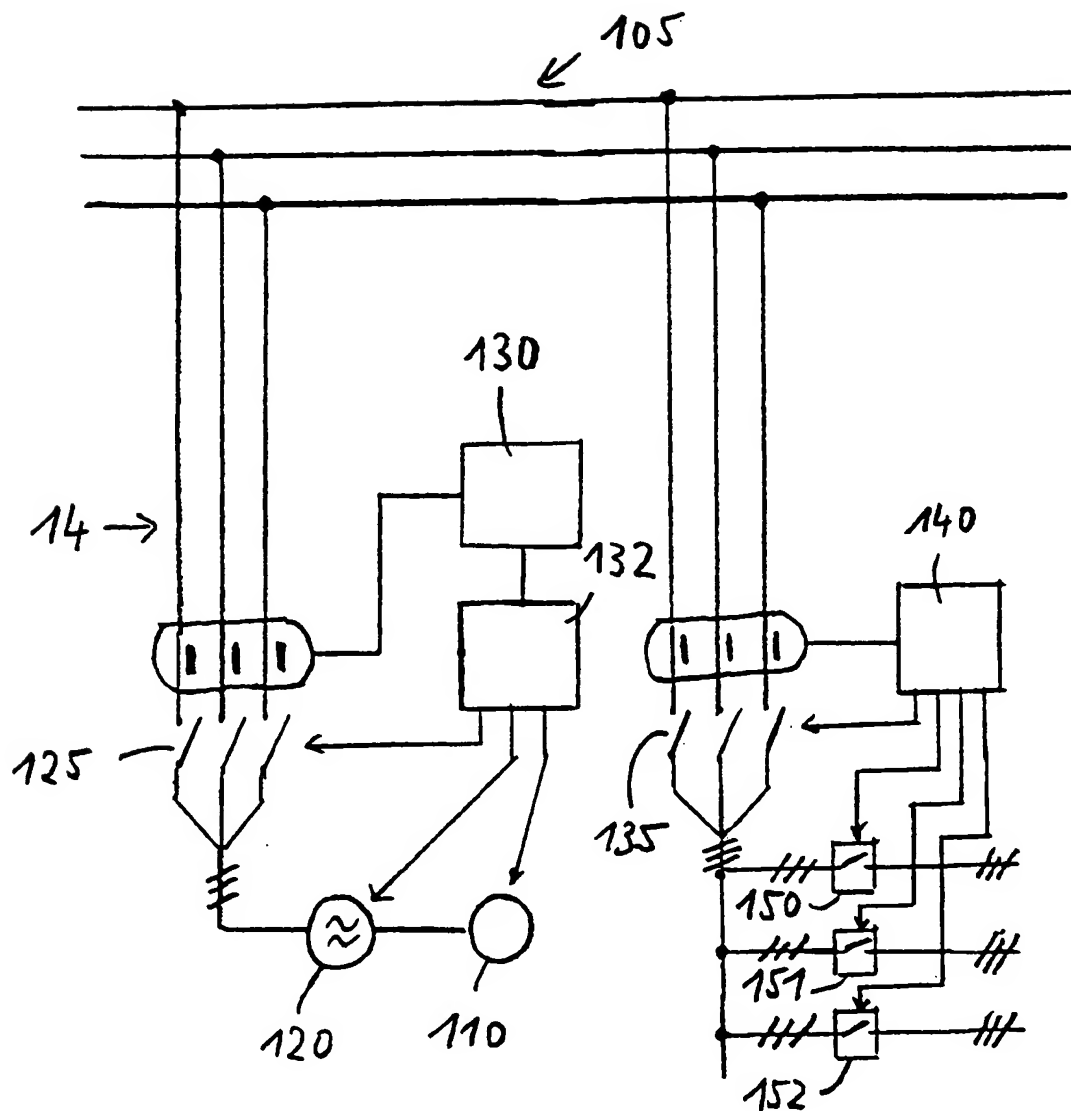


Fig. 1

